

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Факультет нано- и биомедицинских технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебно-методической работе,
профессор
Е.Г. Елина
2016 г.



Рабочая программа дисциплины

Основы сенсорики

Направление подготовки бакалавриата
11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Профили подготовки бакалавриата
«Микро- и наноэлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем»
«Физика и технология твердотельных электронных микро- и наноструктур»
«Приборы микро- и наноэлектроники, методы измерения микро- и наносистем»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов, 2016 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Основы сенсорики» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний, умений (владений) и усвоение механизмов работы сенсоров (датчиков), их основных характеристик и практического применения в технике и медицине.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование знаний об общих особенностях сенсоров и сенсорных систем;
- формирование умений теоретически исследовать основные физические и химические процессы и явления, используемые для создания химических и биосенсоров;
- овладение методами и навыками экспериментального исследования и теоретического расчета характеристик сенсоров, оптимизации режимов их работы;
- формирование знаний практического применения химических и биосенсоров различного функционального назначения.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина по выбору «Основы сенсорики» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» и изучается студентами дневного отделения факультета nano- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», в течение 8-го учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания по физике, математике, химии, электродинамике сплошных сред, физике полупроводников и находится в тесной взаимосвязи с изучаемыми в этом же семестре такими дисциплинами как «Микроэлектроника и нанoeлектроника», «Твердотельная электроника», «Квантовая и оптическая электроника», а также рядом дисциплин при продолжении обучения в магистратуре..

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Основы сенсорики» формируются следующие компетенции: ОПК-2, ОПК-7.

ОПК-2	Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.
ОПК-7	Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности. Компетенция ОПК-7 формируется в части готовности учета современных тенденций развития сенсорики

В результате освоения дисциплины обучающийся студент должен:

а) знать:

- современное состояние и перспективы развития сенсорики;

- основные физические и химические процессы и явления, используемые в физических,

химических и биосенсорах различного типа;

- основные подходы к теоретическому описанию и анализу основных характеристик химических и биосенсоров;

- примеры применения химических и биосенсоров в медицине;

б) уметь:

- теоретически анализировать и оптимизировать основные характеристики сенсоров;

- анализировать и прогнозировать работоспособность химических и биосенсоров.

в) владеть методами теоретического описания основных характеристик сенсоров.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Се- местр	Неделя семест- ра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудо- емкость (в часах)				Формы теку- щего контро- ля успеваемо- сти (по неде- лям семестра) Формы про- межуточной аттестации (по семестрам)
				Лек	Лаб	Пр	СРС	
1.	Введение	8	1	1				
2.	Химические сенсоры и био- сенсоры. Основные сведения	8	1	1			2	опрос
3.	Электрохимические сенсоры	8	2-3	4			14	Опрос, контрольная работа
4.	Оптические хемосенсоры и биосенсоры	8	4-9	12			24	опрос
			1,3,5,7, 9,11			12		
5.	Гравиметрические химические сенсоры и биосенсоры	8	10-11	4			6	опрос
6.	Термометрические химиче- ские сенсоры	8	12	2			2	опрос
7.	Микроэлектронные датчики для медико-биологических ис- следований	8	13	2		1	2	опрос

8.	Перспективы развития сенсорики. Сенсоры на основе МЕМ-и МОЕМ-систем	8	14	2		7	опрос	
			13					1
9.	Сенсорика и нанотехнология. Наносенсорика	8	15	2		1	6	опрос
	Итого:		15	30		15	63	зачет

Содержание дисциплины

1. Введение.

Наука о сенсорах – сердцевина информационной технологии. Основные понятия. Понятие сенсора (датчика). Основные характеристики сенсоров. Классификация сенсоров по принципу действия (физические, химические, биосенсоры). Требования к современным датчикам.

2. «Химические сенсоры и биосенсоры. Основные сведения.

Функциональная схема химических (био-)сенсоров. Основные типы физических преобразователей (трансдюсеров). Распознающие элементы. Аналитические характеристики. Области применения.

3. Электрохимические сенсоры.

Основные типы. Потенциометрические газовые сенсоры и биосенсоры. Амперометрические сенсоры. Кондуктометрические сенсоры и биосенсоры. Сенсоры и биосенсоры на основе полупроводниковых полевых транзисторов.

4. Оптические хемосенсоры и биосенсоры.

Конструкции, типы. Применение эффектов поглощения света и флуоресценции. Сенсоры, основанные на спектроскопии внутреннего отражения. Биосенсоры на поверхностных плазмонах. Биосенсоры на локализованных плазмонах.

5. Гравиметрические химические сенсоры и биосенсоры.

Пьезоэлектрический эффект в кристаллах, принципиальные основы. Пьезоэлектрические газовые сенсоры и биосенсоры. Кварцевые кристаллические микровесы. Распространение акустических волн в кристаллах, режимы распространения. Гравиметрические сенсоры на поверхностных акустических волнах, схемы, применение. Сенсоры на объемных акустических волнах, основные типы, примеры использования.

6. Термометрические химические сенсоры.

Основные типы термометрических сенсоров (калориметрические сенсоры, каталитические газовые сенсоры и измерители теплопроводности). Термисторы, конструкции, принцип действия, примеры их использования в биосенсоре в качестве ферментного термистора. Каталитический газовый сенсор пеллистерного типа (пеллистер), конструкция, принцип действия. Измерители теплопроводности, используемые для определения газов в газовой хроматографии, схемы, принцип действия.

7. Микроэлектронные датчики для медико-биологических исследований.

Анализ современного состояния разработок микроэлектронных датчиков (МЭД) для медицинских и биологических исследований. Основные типы и ха-

рактеристики применения биомедицинских МЭД (типы МЭД, измеряемые характеристики биологических объектов, цели измерений, основные особенности).

8. Перспективы развития сенсорики. Сенсоры на основе MEM - и МОЕМ-систем.

Тенденция развития «от сенсоров к микроаналитическим системам».

9. Сенсорика и нанотехнология. Наносенсорика.

Наноскопические сенсоры. Клеточные биосенсоры. Сенсорика и наноплазмоника

Тематика практических занятий (семинаров)

1. Химические сенсоры и биосенсоры. Основные сведения.
2. Электрохимические сенсоры.
3. Оптические хемосенсоры и биосенсоры.
4. Гравиметрические (пьезоэлектрические) химические сенсоры.
5. Термометрические химические сенсоры.
6. Микроэлектронные датчики для медико-биологических исследований.
7. Химические и биосенсоры на основе микро-электро-механических и микро-опто-электро-механических систем (MEMS и MOEMS).
8. Наносенсорика.

5. Образовательные технологии

В преподавании дисциплины «Основы сенсорики» используются следующие образовательные технологии:

- Исследовательские методы в обучении
- Проблемное обучение

В процессе обучения предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий: адресация аудитории вопросов и коллективный поиск ответов на них в форме дискуссий, встречи с известными специалистами и экспертами.

При проведении практических (семинарских) занятий в активной форме проводится детальный анализ различных типов и механизмов работы химических и биосенсоров в соответствии с приведенным выше содержанием дисциплины.

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;

- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.
- использование индивидуальных графиков обучения
- использование дистанционных образовательных технологий

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная работа студентов проводится в течение всего периода освоения и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к семинарским занятиям.

Рекомендуется:

-при подготовке к семинарским занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать рекомендуемую основную и дополнительную литературу.

На самостоятельную работу студентов отводится 63 часа.

Ниже приведен расширенный перечень тем для самостоятельной работы студентов:

1. Химические сенсоры и биосенсоры, основные сведения. Функциональная схема химических (био-) сенсоров. Основные типы физических преобразователей (трансдюсеров). Распознающие элементы. Аналитические характеристики.

2. Электрохимические сенсоры и биосенсоры. Потенциметрические, амперометрические и кондуктометрические химические и биосенсоры. Сенсоры на основе полупроводниковых полевых транзисторов.

3. Оптические химические и биосенсоры. Применение эффектов поглощения света и флуоресценции. Сенсоры, основанные на основе спектроскопии внутреннего отражения. Сенсоры на основе эффекта резонанса поверхностных плазмонов. Биосенсоры на локализованных плазмонах.

4. Гравиметрические (пьезоэлектрические) химические и биосенсоры.

5. Термометрические химические сенсоры.

6. Микроэлектронные датчики для медико-биологических исследований.

8. Микросенсорика. МЕМ- и МОЕМ-системы – новое перспективное направление развития датчиков и исполнительных устройств. Тенденция развития «от сенсоров к микроаналитическим системам».

8. Наносенсорика. Наноскопические сенсоры. Клеточные биосенсоры.

При реализации программы дисциплины «Основы сенсорики» студентам предлагаются контрольные работы по вопросам:

1. Химические сенсоры, основанные на явлении поглощения света в веществах.

2. Химические сенсоры, основанные на эффекте фотолюминесценции.

3. Сенсоры, основанные на спектроскопии внутреннего отражения света.

4. Химические сенсоры, основанные на эффекте возбуждения поверхностных плазмонов на границе металл – диэлектрик.

Кроме того, при реализации программы данной дисциплины студентам предлагается выполнить реферат. Темы рефератов, предлагаемых студентам, соответствуют содержанию дисциплины «Основы сенсорики».

Примерный перечень предлагаемых тем рефератов:

1. Химические и биосенсоры на основе полупроводниковых полевых транзисторов.

2. Газовые сенсоры, используемые в системах «электронного» носа: типы, состояние и перспективы разработок.

3. Химические и биосенсоры на основе локализованных плазмонов в металлических наночастицах.

4. Полупроводниковые квантовые точки – новый тип флуорофоров и люминесцентных меток.

Рефераты выполняются под руководством преподавателя и должны содержать элементы литературного обзора по теме, анализа в соответствии с конкретной спецификой выбранной темы. Рефераты следует выполнять в течение всего семестра с периодическим обсуждением результатов с преподавателем.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Определение сенсора.
2. Классификация сенсоров по принципу действия.
3. Функциональная схема химического сенсора.
4. Основные типы трансдьюсеров химических сенсоров.
5. Основные типы распознающих элементов.
6. Распознающие элементы химических сенсоров и биосенсоров.
7. Потенциометрические химические сенсоры.
8. Амперометрические сенсоры.
9. Кондуктометрические газовые сенсоры на основе окислов металлов.
10. Сенсоры на основе полупроводниковых полевых транзисторов.
11. Основные типы оптических биосенсоров.
12. Оптические сенсоры на основе спектроскопии внутреннего отражения.
13. Оптические биосенсоры на основе резонанса поверхностных плазмонов.
14. Оптические биосенсоры на основе локализованных плазмонов в наночастицах.
15. Использование пьезоэлектрического эффекта в химических и биосенсорах.
16. Термометрические сенсоры для анализа газов.
17. Химические сенсоры и биосенсоры на основе МЕМС - и МОЕМС-структур.
18. Химические сенсоры и биосенсоры на основе наноструктур.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности в семестре.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
8	20	0	20	20	0	10	30	100

8 семестр

Программа оценивания учебной деятельности студента

Лекции

Посещаемость:

- не более 50% от числа занятий в семестре – 0 баллов,
- от 51% до 60% – 1-3 балла;
- от 61% до 70% – 4-5 балла;
- от 71% до 80% – 6-7 баллов;
- от 81% до 90% – 8-9 баллов;
- не менее 91% занятий – 10 баллов.

Активность – от 0 до 10 баллов

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия:

Участие в обсуждении тем практических занятий:

не менее 91% тем – 20 баллов

от 61% до 90% тем – 11-19 баллов

от 31% до 60% тем – 6-10 баллов

менее 30% тем – 0-5 баллов

Самостоятельная работа

- Правильное выполнение не менее 91% заданий на самостоятельную работу – 20 баллов
- Выполнение от 61% до 90% заданий – 15-19 баллов
- Выполнение от 31% до 60% заданий – 5-14 баллов
- Выполнение менее 30% заданий – 0-4 балла

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Реферат - от 0 до 10 баллов

Промежуточная аттестация (зачёт)

Если во время теоретического зачета набрано менее 1/3 от максимального количества баллов (30 баллов) по промежуточной аттестации в семестре, то зачет считается несданным.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за один семестр по дисциплине «Основы сенсорики» составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Основы сенсорики» в оценку (зачёт) осуществляется в соответствии с таблицей 2:

Таблица 2. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине в оценку.

60 баллов и более	«зачтено» (при недифференцированной оценке)
меньше 60 баллов	«не зачтено»

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр: в конце 8 и 15 недель обучения.

Оценка студентам, успешно прошедшим обучение по дисциплине, может быть проставлена без сдачи ими зачёта на основании рейтинговой оценки по решению преподавателя.


8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Новейшие датчики : [учеб.-моногр.] / Р. Г. Джексон ; пер. с англ. под ред. В. В. Лучинина. - 2-е изд., доп. - Москва : Техносфера, 2008. - 397 с. (в НБ СГУ 10 экз.), 2007. - 380 с. (9 экз.)
2. Сенсорика. Современные технологии микро- и наноэлектроники [**Электронный ресурс**]: Учебное пособие / Т Н Патрушева. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М" ; Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2014. - 260 с. - ЭБС «ИНФРА-М». URL: <http://znanium.com/go.php?id=374604>
3. Физические основы биосенсорики [**Электронный ресурс**] : Учебное пособие / Г. П. Горбенко, В. М. Труслова, М. П. Евстигнеев. - Москва : Вузовский учебник ; Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2015. - 140 с. - ЭБС «ИНФРА-М»

б) Дополнительная литература:

1. Наноплазмоника в наносенсорике и нанофотонике: учебное пособие / В. Ф. Названов. - Саратов : Новый ветер, 2015. - 85 с. (в НБ СГУ 5 экз)
2. Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников / под ред. Э. Удда ; пер. с англ. И. Ю. Шкадиной.-М.: Техносфера, 2008.- 520 с. (в НБ СГУ 13 экз.).
3. Химические и биологические сенсоры: основы и применения: монография / Ф. - Г. Баника ; пер. с англ. И. М. Лазера под ред. В. А. Шубарева ; ред. - консультант Д. Фотт. - Москва : Техносфера, 2014. - 879 с. (в НБ СГУ 9 экз)
4. Эггинс Б. Химические и биологические сенсоры. - М.: Техносфера, 2005. -336 с. (в НБ СГУ 15 экз)
5. Мультисенсорные системы в анализе жидких и газовых объектов / Е. Г. Кулапина. - Саратов : ИЦ "Наука", 2010. - 165 с. (в НБ СГУ 5 экз)
6. Войтович И. Д. Интеллектуальные сенсоры [**Электронный ресурс**]: учебное пособие / Войтович И. Д. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2009. 624 с. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
7. Свойства материалов. Анизотропия, симметрия, структура [**Электронный ресурс**]: учебное пособие / Ньунхем Роберт. - Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2007. - 652 с. ЭБС "IPRBOOKS"
8. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник.- М.: Техносфера, 2006. -588 с. (в НБ СГУ 8 экз.).
9. Автоэлектронная эмиссия [**Электронный ресурс**] / А. Г. Фурсей. - Москва : Лань, 2012. - 320 с. ЭБС «ЛАНЬ». URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3805

10. Аплеснин С. С. Основы спинтроники [Электронный ресурс]. - Москва : Лань, 2010. - 287 с. Гриф УМО ЭБС «ЛАНЬ». URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=551 

в) Рекомендуемая литература:

1. Каттралл Р.В. Химические сенсоры. - М.: Научный мир, 2000. - 144 с. (в НБСГУ 1 экз)
2. Ратнер М., Ратнер Д. Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи. Пер. с англ. - М.: Издат. Дом «Вильямс», 2004. - 240 с. (в НБ СГУ 1 экз.).
3. Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Шарапова Е.В. Пьезоэлектрические датчики. - М.: Техносфера, 2006. - 632 с. (в НБСГУ 1 экз.).
4. Биосенсоры: основы и приложения. Пер. с англ./ Под ред. Э. Тернера, И. Карубе, Дж. Уилсона. - М.: Мир, 1992. (в НБ СГУ 1 экз.).
5. Оптоволоконные сенсоры = Optical Fiber Sensors Principles and components / Б. Калшо, Дж. Дейкин, А. Роджерс. - Вып. 1: Принципы и компоненты. - М.: Мир, 1992. - 438 с. (в НБ СГУ 1 экз)

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. MathCad 14.0
5. Каталог образовательных Интернет-ресурсов (<http://window.edu.ru>)
6. Курс: интеллектуальные сенсоры // <http://www.intuit.ru/>
7. Smartdust – Wikipedia, the free encyclopedia.
8. Smart dust Sensors – Google Search.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

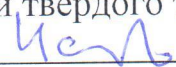
Занятия по дисциплине «Основы сенсорики» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, наглядными демонстрационными материалами и пр. (презентации, программное обеспечение).

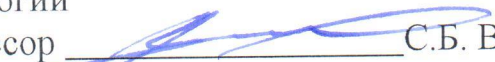
Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» и профилями подготовки «Микро- и нанoeлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем», «Физика и технология твердотельных электронных микро- и наноструктур», «Приборы микро- и нанoeлектроники, методы измерения микро- и наносистем».

Программа разработана в 2011 г. (одобрена на заседании кафедры физики твердого тела от 18 марта 2011 г., протокол № 12).

Программа актуализирована в 2016 г. (одобрена на заседании кафедры физики твердого тела от 30 августа 2016 г., протокол № 1).

Автор профессор  Названов В.Ф.

Зав. кафедрой физики твердого тела
профессор  Д.А. Усанов

Декан факультета нано- и биомедицинских технологий
профессор  С.Б. Вениг